

¹Д.Н. Вавилов, ¹Т.А. Гордиенко, ¹Р.А. Суходольская, ²Ю.А. Лукьянова

¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, sabantsev.ipen@gmail.com

²Национальный парк «Нижняя Кама», julia-luk@inbox.ru

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОКЛАДКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА КРУПНЫХ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

В статье дана характеристика структуры сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауны и герпетобионтов) на луговых ассоциациях, подвергшихся антропогенному воздействию. Исследования проводили на территории Национального парка «Нижняя Кама» на участках, нарушенных при прокладке газопровода, и сопряженных естественных луговых биотопах. Установлено, что снятие верхнего почвенного слоя с последующим его возвращением незначительно сказалось на обилии почвенной мезофауны и герпетобионтов. Структура сообществ дождевых червей и жуличиц претерпела значительные изменения. В связи с этим различия в трофической структуре для герпетобионтов нарушенного и контрольного участков более выражены, чем для мезофауны. Соблюдение технологического процесса укладки трубы и дальнейшая рекультивация почвы позволяют в значительной степени нивелировать негативные последствия для почвенной биоты.

Ключевые слова: почвенная мезофауна; герпетобионты; жуличицы; дождевые черви; проводники.

Введение

Ввиду большого значения почвенного биоразнообразия в функционировании экосистем (Altieri, 1999; Kremen, 2018), в настоящее время исследования, связанных с воздействием хозяйственной деятельности человека на сообщества почвообитающих беспозвоночных, достаточно много (Емец, 2002; Bianchini et al., 2011, Hitrold et al., 2017). В Республике Татарстан изучение беспозвоночных животных в качестве биоиндикаторов началось давно (Артемьева и др., 1999, Корчагина, 2000; Шафигуллина и др., 2002; Суходольская и др., 2015).

Мало внимания уделяется исследованиям луговых местообитаний и бывших агроценозов. Почвенная мезофауна на лугах играет ключевую роль в процессах преобразования энергии и сапротрофного разложения органических остатков (Deyn et al., 2003; Frouz et al., 2009; Lavelle et al., 2006).

Прокладку нефтепроводов и других подземных инженерных систем, как правило, сопровождается полным разрушением почвенного, а вместе с ним растительного слоя и животного компонента экосистемы. Поскольку нарушение почв в связи с прокладкой коммуникаций можно сравнить со сплошной вспашкой, последствия такой процедуры будут схожими с данными в полях под паром.

В европейских странах метод снятия верхнего слоя почвы используется для восстановления естественного биоразнообразия растительности (Resch et al., 2019). Поскольку на таких вспаханных участках начинает проявляться краевой

эффект, в силу вступают другие закономерности (Kromp, Steinberger, 1992).

Целью данной работы являлась оценка воздействия прокладки газопровода на почвенную биоту луговых ассоциаций в окрестностях г. Елабуга.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в третьей декаде августа 2019 г. на месте прокладки газопровода, обозначенном как трансформированный или нарушенный участок, и на прилегающей естественной луговой территории «Танайские луга» (контрольный участок). Всего обследовано 4 контрольных и 4 нарушенных участка (рис. 1).

Учеты численности педо- (почвенных беспозвоночных или мезофауны), герпетобионтов вели стандартными почвенно-зоологическими методами (Методы ..., 1975; Количественные методы в почвенной зоологии, 1987). Взято 64 почвенные пробы на площадках 0.0625 м² и глубиной 0-15 см (по 16 на участке), выставлено 80 ловушек (по 20 на каждом участке) на три ночи. Ловушками отработано 240 ловушко-суток. Отловлено 304 экземпляра педобионтов, 1144 экземпляра герпетобионтов. Обработку данных проводили в ППП-программах Excel и Statistica 7.0.

Результаты и их обсуждение

Педобионты. Результаты исследования показали, что на нарушенных участках газопровода численность и таксономическое разнообразие поч-



Рис. 1. Расположение участков исследования

венных беспозвоночных несколько ниже по сравнению с контролем (рис. 2). Фауна педобионтов представлена 2 типами, 5 классами и 8 отрядами мезофауны (11 таксонов): дождевые черви Lumbricidae, мокрицы Isopoda, пауки Aranea, хищные многоножки Muriopoda, костянки Lithobiidae и землянки Geophilidae, насекомые Insecta. Последние представлены отрядами полужесткокрылых Hemiptera, жуков Coleoptera, семействами жукелиц Carabidae, стафилинид Staphilinidae, навозников Geotrupidae и щелкунов Elateridae, а также двукрылых Diptera.

Обилие мезофауны варьирует в пределах 6-42 экз./м² (в среднем 18.5 экз./м²). Доминирует сапротрофный компонент биоценоза (64.9%) (рис. 2) – дождевые черви (37.8%) и мокрицы (21.6%). Также многочисленны насекомые (29.7%) и хищные многоножки (8.1%). Среди насекомых преобладают жуки щелкуны (10.8%) и жужелицы (8.1%).

На контрольном участке зарегистрировано 16 таксонов мезофауны из 2 типов, 4 классов и 9 отрядов: дождевые черви Lumbricidae, пауки Aranea, хищные многоножки Muriopoda, костянки Lithobiidae и землянки Geophilidae, насекомые Insecta. Последние представлены отрядами полужесткокрылых Hemiptera, жуков Coleoptera, семействами хищных жужелиц Carabidae и стафилинид Staphilinidae, фитофагов щелкунов Elateridae, хрущей Melolonthinae, листоедов Chrysomelidae и долгоносиков Curculionidae, а также двукрылыми Diptera, перепончатокрылыми Hymenoptera. Доминировали дождевые черви

(53.6%), насекомые (36%) и хищные многоножки (8.2%). Среди насекомых многочисленны жуки щелкуны и долгоносики (9% и 6%, соответственно).

Обилие педобионтов на естественном участке в 7.2 раза выше, чем на нарушенном, и колеблется в пределах 76-242 экз./м² (в среднем 133.5 экз./м²) (рис. 2). Для естественных лугов среднего и низкого уровня численность мезофауны соответствует средним и высоким показателям по Республике Татарстан (Кадастр ..., 2014).

Трофическая структура нарушенных участков преимущественно состоит из сапрофагов (64.9%) (рис.

3), фитофагов (21.6%) и хищников (10.8%). На контрольном участке также доминируют сапрофаги (57.3%), фитофаги (21.7%) и хищники (19.9%).

Дождевые черви. На нарушенных участках Танаевских лугов обнаружено два вида дождевых червей сибирского происхождения *Eisenia nordenskioldi nordenskioldi* Eisen, 1873 и уральский червь *Eisenia uralensis* Malevic, 1950. На каждом из четырех участков встречается по одному виду. Обилие люмбрицид варьирует в пределах 0-16 экз./м² (в среднем 9.3 экз./м²). В сообществе дождевых червей доминируют виды, питающиеся подстилкой (85.7%), что совсем не характерно для нарушенных территорий.

На нарушенных участках абсолютным доминантом были черви с морфо-экологическим типом (Перель, 1979) – питающиеся на поверхности (85.7%). В контроле преобладали люмбрициды собственно-почвенные (80%).

На контрольных участках встречено 4 вида червей, среди них два, отмеченные на нарушенных участках, а также влаголюбивый калькофил *Octolasion lacteum* Orley и вид открытых биотопов *Aporrectodea rosea* Savigny, 1826. Численность люмбрицид колебалась в пределах 0-182 экз./м² (в среднем 34.7 экз./м²), которая в среднем в 3.7 раза выше по сравнению с нарушенными участками. Среди половозрелых особей преобладали виды, питающиеся детритом почвы (собственно-почвенные) (80%).

Щелкуны. Всего на исследуемых участках со-

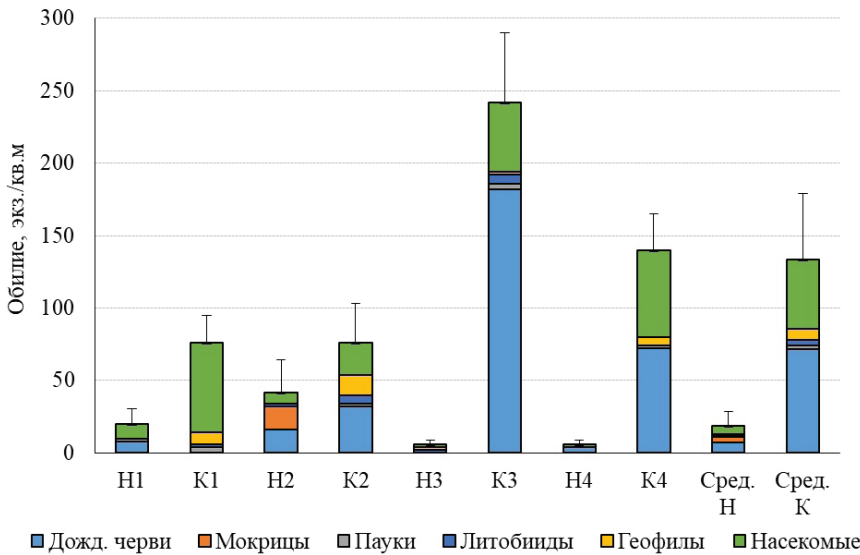


Рис. 2. Обилие почвенных беспозвоночных мезофауны на нарушенных и контрольных участках: Н1, Н2, Н3, Н4 – нарушенные участки, К1, К2, К3, К4 – контрольные участки, Сред. Н – среднее значение для нарушенных участков, Сред. К – среднее значение для контрольных участков

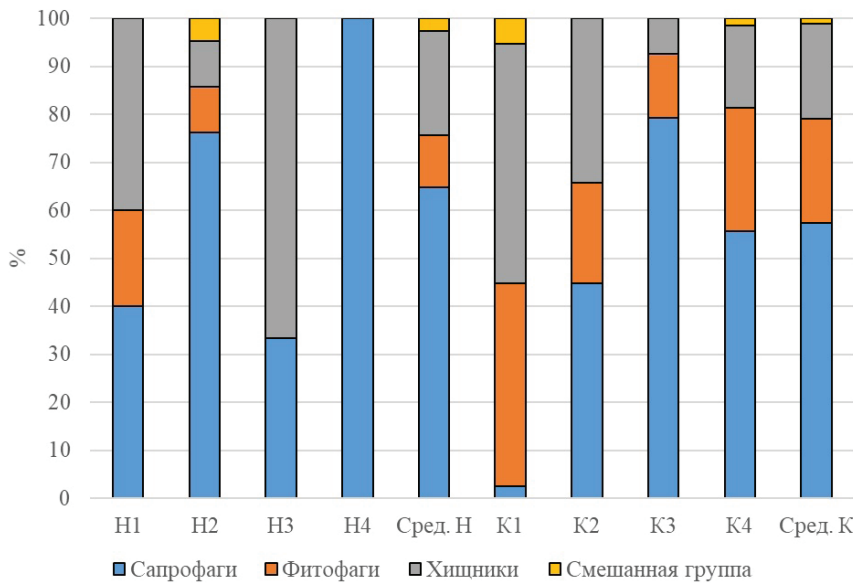


Рис. 3. Соотношение трофических групп мезофауны на нарушенных и контрольных участках
Условные обозначения см. на рисунке 2

брано 12 экземпляров жуков-щелкунов. На контрольном участке в почве найдено 9 экземпляров проволочников из двух видов *Selatosomus latus* (F., 1801) и *Agriotes sputator* (L., 1758). На нарушенном участке собрано лишь 3 экземпляра вида *A. sputator*. Перечисленные виды являются типичными травоядными открытыми биоценозов. В виду низкого объема выборки трудно выявить какие-то закономерности.

Герпетобионты. Таксономическое разнообразие нарушенного участка среднее и состоит из 14 таксонов 1 типа, 2 классов, 9 отрядов:

пауки Araneae, сенокосцы Opiliones, насекомые Insecta, среди которых ухвертки Dermaptera, полужесткокрылые клопы Heteroptera, цикады Cicadidae, прямокрылые Orthoptera короткоусые (саранчовые) Caelifera и длинноусые (кузнечиковые) Ensifera, жуки – жужелицы Carabidae, стафилины Staphilinidae, листоеды Chrysomelidae, чешуекрылые Lepidoptera, перепончатокрылые Hymenoptera и двукрылые Diptera. Доминировали насекомые (85%), среди них многочисленны жуки – жужелицы (55.2%) и листоеды (5.1%), а также паукообразные – сенокосцы и пауки (8.5% и 6.5%). Динамическая активность или относительная динамическая численность герпетобионтов на нарушенных участках варьировала в пределах 21.3-51.0 экз./10 ловушко-суток (в среднем 32.2 экз./10 лов.-суток) (рис. 4).

На естественном участке разнообразие герпетобия несколько выше и составляет 19 таксонов 2 типов, 4 классов, 11 отрядов – дождевые черви Nematoda, моллюски Pulmonata, пауки Araneae, сенокосцы Opiliones, хищные многоножки литобииды Lithobiidae, насекомые Insecta, среди последних полужесткокрылые клопы Heteroptera и цикады Cicadidae, прямокрылые Orthoptera короткоусые (саранчовые) Caelifera и длинноусые (кузнечиковые) Ensifera, жесткокрылые Coleoptera, жужелицы Carabidae, мертвоеды Silphidae, стафилины Staphilinidae, навозники Geotrupidae, кожееды Dermestidae, мягкотелки Cantharidae, листоеды Chrysomelidae, долгоносики Curculionidae, чешуекрылые Lepidoptera и перепончатокрылые Hymenoptera. В сообществе герпетобионтов здесь преобладали сходные таксоны – насекомые (89.3%), среди которых наиболее многочисленны прямокрылые (29.3%), жуки-жужелицы (25.8%), цикады (9.4%), двукрылые (5.3%), а также пау-

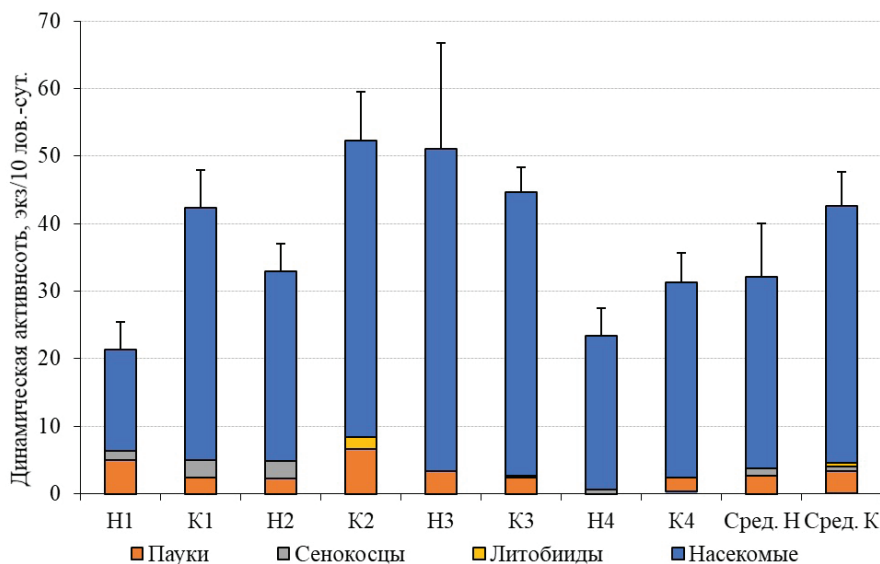


Рис. 4. Результаты учета динамической активности герпетобионтов на нарушенных и контрольных участках
Условные обозначения см. на рисунке 2

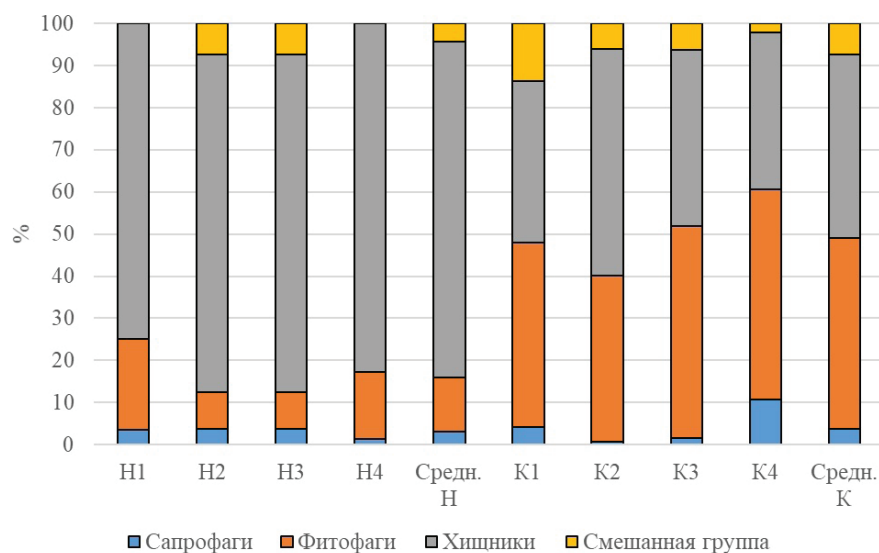


Рис. 5. Соотношение трофических групп герпетобионтов на нарушенных и контрольных участках
Условные обозначения см. на рисунке 2

кообразные (9.4%). Динамическая плотность на естественных участках лугов колебалась в пределах 31.3-52.3 экз./10 лов.-сут. (рис. 4) (в среднем 42.7 экз./10 лов.-сут.).

Трофическая структура герпетобионтов нарушенных и контрольных участков отличается (рис. 5), в первых доминируют хищники (73.9%) и фитофаги (11.9%), остальные трофогруппы малочисленны. На естественных участках их соотношение иное, наибольшее значение в сообществе герпетобионтов играют фитофаги (43.9%) и хищники (42.2%), группа со смешанным типом питания и сапрофаги составляют значительно меньшую долю (соответственно 7% и 3.5%).

Жужелицы. Всего на обследованной территории собраны 286 экземпляров жужелиц 31 вида. Число собранных экземпляров на нарушенном участке и в контроле примерно одинаково, при этом 15 видов являются общими для обоих участков.

Всего на нарушенных участках газопровода собрано 146 экземпляров жужелиц, относящихся к 19 видам и 11 родам. Доминировали роды *Bembidion* (26%), *Pseudophonus* (20.5%), *Pterostichus* (20.5%) и *Calathus* (17%).

На контрольных луговых участках, прилегающих к газопроводу, собрано 140 экземпляров жужелиц, относящихся к 27 видам и к 11 родам. Доминировали роды *Calathus* (50%), *Amara* (17.1%) и *Harpalus* (9.3%).

Индексы биоразнообразия заметно выше в контрольном участке (табл.). При этом видовое сходство по Жаккару для этих двух типов биотопов составило 0.48 (средняя величина 48%).

Нарушение верхнего слоя почвы привело к сокращению численности почвенной мезофауны, но на некоторых участках оно практически нивелировано вследствие правильной и грамотной технологии рекультивации нарушенных участков. Нарушенные участки №1 и №2

мало отличаются по обилию и составу почвенных беспозвоночных от контрольных. Трофическая структура имеет большое сходство с естественными луговыми биоценозами. Возможно, этому благоприятствовала увлажненность почвы. На наш взгляд, правильное соблюдение технологического процесса укладки трубы и дальнейшая рекультивация почвы положительно сказываются на населении почвенных беспозвоночных.

При антропогенном воздействии на экосистему несколько уменьшается видовое разнообразие и обилие дождевых червей в луговых фитоценозах Танаевских лугов. Естественные участки отлича-

Таблица. Индексы биоразнообразия, рассчитанные для учетов жуужелиц почвенными ловушками на территории нарушенных (Н) и контрольных (К) участков

	Н	К
Количество видов	19	27
Обилие (экз.)	146	140
Индекс доминирования	0.16	0.14
Индекс Шеннона	2.19	2.54
Индекс Симпсона	0.84	0.86
Индекс выравненности	0.47	0.47
Индекс Менхиника	1.57	2.28
Индекс Маргалефа	3.61	5.26
Индекс Фишера-Альфа	5.83	9.96
Индекс Бергера-Паркера	0.26	0.31

ются между собой по численности люмбрицид, что связано с различной увлажненностью почвы и изолированностью биоценозов. Несмотря на сильное трансформирование поверхностного слоя почвы, благодаря правильной технологии прокладки труб и дальнейшей рекультивации (возвращение плодородного слоя) в почве довольно часто встречаются дождевые черви и другие педобионты. Обилие дождевых червей на естественных участках соответствует среднему и высокому значению показателей для лугов среднего и низкого уровня по Республике Татарстан (Кадастр ..., 2014).

Динамическая плотность и разнообразие герпетобионтных беспозвоночных нарушенных участков не сильно отличается от естественных. Однако в трофической структуре наблюдаются заметные отличия, т.е. в сообществе происходят значимые перестройки, что связано с приспособительной активностью герпетобия к новым условиям.

Несмотря на одинаковую выборку, видовой состав жуков жуужелиц нарушенных прокладкой участков газопровода отличается от контрольных, даже несмотря на близость биотопов. Сразу после нарушения почвенного слоя происходит заселение этого места видами открытых биотопов, такими как *Bembidion quadrimaculatum* (Linnaeus, 1761). Еще одним следствием нарушения можно считать снижение видового разнообразия жуужелиц на нарушенном участке.

Судя по полученным результатам, нарушения от прокладки инженерных коммуникаций в нашем случае можно сравнить со вспашкой. Согласно литературным данным, вспашка границ полей значительно снижает биоразнообразие беспозвоночных (Ng et al., 2018). Эти изменения затрагива-

ют различные таксономические группы беспозвоночных. На восстанавливаемых участках полей снижается численность жуужелиц, вследствие чего увеличивается число слизней (Fusser et al., 2017). Изменение типа землепользования сказывается на сообществах дождевых червей, при этом их численность на вспаханном поле снижается в 4 раза (Pižl, Starý, 2001), по данным некоторых других авторов в 2-4 раза (Józefowska et al., 2016). Отмечается, что некоторые беспозвоночные, такие как многоножки, довольно быстро восстанавливают свою численность в нарушенной почве (Menta et al., 2014). Структура сообществ долгоносиков отличается между естественным лугом и нарушенным, даже восстановленным лугом (Steiner et al., 2016). Работы по изъятию почвы в средней части луга отчасти разграничили его, образовав препятствие для почвенных и наземных беспозвоночных, где сменился тип растительности. Согласно литературным данным, поддержание мозаичности агрокультурного ландшафта способствует сохранению биоразнообразия (Liu et al., 2012; Babu, 2018; Bonari et al., 2017).

Заключение

В результате работ по прокладке газопровода по территории луговых сообществ в структуре населения наземных и почвенных беспозвоночных произошли определенные изменения, которые коснулись некоторых таксономических групп. Нарушение почвенного покрова при правильной организации работ позволяет в определенной степени снизить воздействие на структуру почвенной биоты. Однако необходимо проводить дальнейшие мониторинговые исследования с целью проследить ход восстановления естественной фауны беспозвоночных.

Список литературы

1. Артемьева Т.И., Жеребцов А.К., Кибардин В.М. Влияние нефтяного загрязнения на педобионтов разных природно-климатических зон // Проблемы почвенной зоологии / Материалы II (XII) Всеросс. совещания по почвенной зоологии. М., 1999. С. 49.
2. Бызова Ю.Б., Гиляров М.С., Дунгер В., Захаров А.А., Козловская Л.С., Корганова Г.А., Мазанцева Г.П., Мелецис В.П., Прассе И., Пузаченко Ю.Г., Рыбалов Л.Б., Стриганова Б.Р. Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1987. 288 с.
3. Емец В.М. Пространственно-временная динамика разнообразия животного населения почв на рекреационно используемых и заповедных лесных территориях: (на примере крупных почвенных беспозвоночных Усманского бора). Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2002. 151 с.
4. Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан / Под ред. Р.М. Сабирова. Казань: Казан. фед. ун-т, 2014. 308 с.
5. Корчагина Т.А. Население педо- и герпетобионтов в

широколиственных лесах Приказанья // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан / Материалы IV респ. науч. конф. Казань, 2000. С. 57-58.

6. Методы почвенно-зоологических исследований / Отв. ред. М.С. Гиляров. М.: Наука, 1975. 280 с.

7. Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979. 272 с.

8. Суходольская Р.А., Гордиенко Т.А., Сабанцев Д.Н. Оценка состояния почвенной биоты в зоне влияния Нижнекамского промышленного комплекса // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование / Матер. междунар. науч.-практ. конф. Елабуга, 2015. С. 268–275.

9. Шафигуллина С.М., Жеребцов А.К., Корчагина Т.А., Шулаев Н.В. Влияние рекреации и фрагментации на лесную герпетобийную колеоптерофауну Предкамья // Тезисы докл. XII съезда РЭО. СПб., 2002. С. 381.

10. Altieri M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1999. №74. P. 19–31.

11. Babu V. Effect of restoration and surrounding grassland proportion on the dung beetle metapopulation abundance in the fragmented semi-natural grasslands. Uppsala, 2018. 56 p.

12. Bianchini C., Balin N.M., Candiotto G., Cieslik L.F., Conceicao P.C. Survey of micro, meso- and macrofauna in the soil through the Serra da Mantiqueira pitfall method // *Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia Fortaleza*. 2011. P. 1–6.

13. Bonari G., Fajmon K., Malenovsky I., Zelený D., Holuša J., Jongepierová I., Kočárek P., Konvička O., Uříčář J., Chytrý M. Management of semi-natural grasslands benefiting both plant and insect diversity: the importance of heterogeneity and tradition // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. V. 246. P. 243–252.

14. De Deyn G.B., Raaijmakers C.E., Zoomer H.R., Berg M.P., de Ruiter P.C., Verhoef H.A., Bezemer T.M., van der Putten W.H. Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity // *Nature*. 2003. V. 422(6933). P. 711–713.

15. Frouz J., Van Diggelen R., Pižl V., Starý J., Háněl L., Tajovský K., Kalčík J. The effect of topsoil removal in restored heathland on soil fauna, topsoil microstructure, and cellulose decomposition: implications for ecosystem restoration // *Biodiversity and conservation*. 2009. V. 18(14). P. 3963–3978.

16. Fusser M.S., Pfister S.C., Entling M.H., Schirmel J. Effects of field margin type and landscape composition on predatory carabids and slugs in wheat fields // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. V. 247. P. 182–188.

17. Hiltbold I., Johnson S.N., Bayon R.C.L., Nielsen U.N. Climate Change in the Underworld: Impacts for Soil-Dwelling Invertebrates // *Global climate change and terrestrial invertebrates*. 2017. P. 201–228.

18. Józefowska A., Miechówka A., Frouz J. Comparison of earthworm populations in arable and grassland fields in the Outer Western Carpathians, South Poland // *Biologia*. 2016. V. 3, №71. P. 316–322.

19. Kremen C., Merenlender A.M. Landscapes that work for biodiversity and people // *Science*. 2018. Vol. 362(6412). P. eaau6020.

20. Kromp B., Steinberger K.H. Grassy field margins and arthropod diversity: a case study on ground beetles and spiders in eastern Austria (Coleoptera: Carabidae; Arachnida: Aranei, Opiliones) // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1992. Vol. 40(1-4). P. 71–93.

21. Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J.P. Soil invertebrates and ecosystem services // *European journal of soil biology*. 2006. V. 42. P. 3–15.

22. Liu Y., Axmacher J.C., Wang C., Li L., Yu Z., Ground

Beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages of restored semi-natural habitats and intensively cultivated fields in Northern China. *Restoration Ecology*. 2012. V. 20(2). P. 234–239.

23. Menta C., Conti F.D., Pinto S., Leoni A., Lozano-Fondón C. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy // *Applied soil ecology*. 2014. V. 83. P. 22–29.

24. Ng K., McIntyre S., Macfadyen S., Barton P.S., Driscoll D.A., Lindenmayer D.B. Dynamic effects of ground-layer plant communities on beetles in a fragmented farming landscape // *Biodiversity and conservation*. 2018. V. 27(9). P. 2131–2153.

25. Pižl V., Starý J. The effects of mountain meadows management on soil fauna communities (on example of earthworms and oribatid mites) // *Silva Gabreta*. 2001. Vol. 7. P. 87–96.

26. Resch M.C., Schütz M., Graf U., Wagenaar R., van der Putten, W.H., Risch A.C., Does topsoil removal in grassland restoration benefit both soil nematode and plant communities? // *Journal of Applied Ecology*. 2019. V. 56(7). P. 1782–1793.

27. Steiner M., Öckinger E., Karrer G., Winsa M., Jonsell M. Restoration of semi-natural grasslands, a success for phytophagous beetles (Curculionidae) // *Biodiversity and Conservation*. 2016. V. 25(14). P. 3005–3022.

28. Zou X., Gonzalez G. Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures // *Soil Biology and Biochemistry*. 1997. №. 29. V. 3–4. P. 627–629.

References

1. Artemyeva T.I., Zhrebtsov A.K., Kibardin V.M. Vliyaniye nefyanogo zagryazneniya na pedobiontov raznykh prirodno-klimaticheskikh zon [The effect of oil pollution on pedobionts of different climatic zones] // *Problemy pochvennoy zoologii* [Problems of soil zoology] / *Materialy II (XII) Vseross. soveshchaniya po pochvennoy zoologii*. Moscow, 1999. P. 49.

2. Byzova Yu.B., Gilyarov M.S., Dunger V., Zaharov A.A., Kozlovskaya L.S., Korganova G.A., Mazanceva G.P., Melecis V.P., Prasse I., Puzachenko Yu.G., Rybalov L.B., Striganova B.R. Kolichestvennyye metody v pochvennoy zoologii [Quantitative methods in soil zoology]. Moscow: Nauka, 1987. 288 p.

3. Emec V.M. Prostranstvenno-vremennaya dinamika raznobraziya zhivotnogo naseleniya pochv na rekreacionnoe ispol'zuyemykh i zapovednykh lesnykh territoriyah: (na primere krupnykh pochvennykh bespozvonochnykh Usmanskogo bora) [Spatial-temporal dynamics of the diversity of the animal population of soils in recreationally used and protected forest areas: (on the example of large soil invertebrates of the Usman pine forest)]. Voronezh: Voronezh. Gos. Un-t, 2002. 151 p.

4. Kadastr soobshchestv pochvoobitayushchih bespozvonochnykh (mezofauna) estestvennykh ekosistem Respubliki Tatarstan [Cadastre of communities of soil invertebrates (mesofauna) of natural ecosystems of the Republic of Tatarstan] / Ed. R.M. Sabirov. Kazan': Kazan. fed. un-t, 2014. 308 p.

5. Korchagina T.A. Naseleniye pedo- i gerpetobiontov v shirokolistvennykh lesah Prikazan'ya [The population of pedo- and herpetobionts in deciduous forests of Prikazanye] // *Aktual'nye ekologicheskie problemy Respubliki Tatarstan* [Actual environmental problems of the Republic of Tatarstan] / *Materialy IV rесп. nauch. konf. Kazan'*, 2000. P. 57–58.

6. Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovaniy [Methods of soil and zoological research] / Ed. M.S. Gilyarov. Moscow: Nauka, 1975. 280 p.

7. Perel' T.S. Rasprostraneniye i zakonmernosti raspredeleniya dozhdevykh chervej fauny SSSR [Distribution and distribution patterns of earthworms of the fauna of the USSR]. Moscow: Nauka, 1979. 272 p.

8. Suhodol'skaya R.A., Gordienko T.A., Sabancev D.N. Ocenka sostoyaniya pochvennoy bioty v zone vliyaniya Nizhnekamsk-

- ogo promyshlennogo kompleksa [Assessment of the state of soil biota in the impact area of the Nizhnekamsk industrial complex] // *Ohrana prirodnoj sredy i ekologo-biologicheskoe obrazovanie* [Environmental protection and ecological and biological education] / *Materialy mezhdunar. nauchn.-prak. konf. Elabuga*, 2015. P. 268–275.
9. Shafigullina S.M., Zherebtsov A.K., Korchagina T.A., SHulaev N.V. Vliyanie rekreacii i fragmentacii na lesnyu gerpetobiontnuyu koleopterofaunu Predkam'ya [The effect of recreation and fragmentation on the forest herpetobiont coleopterofauna of the Pre-Kama area] // *Tezisy dokl. XII s"ezda REO. Sankt-Petersburg*, 2002. P. 381.
10. Altieri M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1999. No 74. 3. 19–31.
11. Babu V. Effect of restoration and surrounding grassland proportion on the dung beetle metapopulation abundance in the fragmented semi-natural grasslands. Uppsala, 2018. 56 p.
12. Bianchini C., Balin N.M., Candioto G., Cieslik L.F., Conceicao P.C. Survey of micro, meso- and macrofauna in the soil through the Serra da Mantiqueira pitfall method // *Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia Fortaleza*. 2011. P. 1–6.
13. Bonari G., Fajmon K., Malenovský I., Zelený D., Holuša J., Jongepierová I., Kočárek P., Konvička O., Uříčář J. and Chytrý M. Management of semi-natural grasslands benefiting both plant and insect diversity: the importance of heterogeneity and tradition // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. No 246. P. 243–252.
14. De Deyn G.B., Raaijmakers C.E., Zoomer H.R., Berg M.P., de Ruiter P.C., Verhoef H.A., Bezemer T.M., van der Putten W.H. Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity // *Nature*. 2003. No 422(6933). P. 711–713.
15. Frouz J., Van Diggelen R., Pižl V., Starý J., Háněl L., Tajovský K., Kalčík J. The effect of topsoil removal in restored heathland on soil fauna, topsoil microstructure, and cellulose decomposition: implications for ecosystem restoration // *Biodiversity and conservation*. 2009. No 18(14). P. 3963–3978.
16. Fusser M.S., Pfister S.C., Entling M.H., Schirmel J. Effects of field margin type and landscape composition on predatory carabids and slugs in wheat fields // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. No 247. P. 182–188.
17. Hiltbold I., Johnson S.N., Bayon R.C.L., Nielsen U.N. Climate Change in the Underworld: Impacts for Soil-Dwelling Invertebrates // *Global climate change and terrestrial invertebrates*. 2017. P. 201–228.
18. Józefowska A., Miechówka A., Frouz J. Comparison of earthworm populations in arable and grassland fields in the Outer Western Carpathians, South Poland // *Biologia*. 2016. Vol. 3, № 71. P. 316–322.
19. Kremen C., Merenlender A.M. Landscapes that work for biodiversity and people // *Science*. 2018. No 362(6412). P. eaau6020.
20. Kromp B., Steinberger K.H. Grassy field margins and arthropod diversity: a case study on ground beetles and spiders in eastern Austria (Coleoptera: Carabidae; Arachnida: Aranei, Opiliones) // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1992. No 40(1-4). P. 71–93.
21. Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J.P. Soil invertebrates and ecosystem services // *European journal of soil biology*. 2006. No 42. P. 3–15.
22. Liu Y., Axmacher J.C., Wang C., Li L., Yu Z., Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages of restored semi-natural habitats and intensively cultivated fields in Northern China. *Restoration Ecology*. 2012. No 20(2). P. 234–239.
23. Menta C., Conti F.D., Pinto S., Leoni A., Lozano-Fondón C. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy // *Applied soil ecology*. 2014. No 83. P. 22–29.
24. Ng K., McIntyre S., Macfadyen S., Barton P.S., Driscoll D.A., Lindenmayer D.B. Dynamic effects of ground-layer plant communities on beetles in a fragmented farming landscape // *Biodiversity and conservation*. 2018. No 27(9). P. 2131–2153.
25. Pižl V., Starý J. The effects of mountain meadows management on soil fauna communities (on example of earthworms and oribatid mites) // *Silva Gabreta*. 2001. No 7. P. 87–96.
26. Resch M.C., Schütz M., Graf U., Wagenaar R., van der Putten, W.H., Risch A.C., Does topsoil removal in grassland restoration benefit both soil nematode and plant communities? // *Journal of Applied Ecology*. 2019. No 56(7). P. 1782–1793.
27. Steiner M., Öckinger E., Karrer G., Winsa M., Jonsell M. Restoration of semi-natural grasslands, a success for phytophagous beetles (Curculionidae) // *Biodiversity and Conservation*. 2016. 25(14). P. 3005–3022.
28. Zou X., Gonzalez G. Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures // *Soil Biology and Biochemistry*. 1997. No 29. № 3–4. P. 627–629.

Vavilov D.N., Gordienko T.A., Sukhodolskaya R.A., Lukyanova Yu.A. **Influence of engineering communications installment on soil macroinvertebrates.**

The article presents data on the structure of communities of soil-dwelling invertebrates (macrofauna and herpetobionts) subjected to anthropogenic impact in meadow associations. Studies were carried out on the territory of the National Park “Nizhnyaya Kama” in areas disturbed by the laying of the gas pipeline, and adjacent to them natural meadow biotopes. It was found that the removal of the upper soil layer with its subsequent return slightly affected the abundance of soil mesofauna and herpetobionts. The structure of communities of earthworms and ground beetles has undergone significant changes. In this regard, the differences in trophic structure for herpetobionts of the disturbed and control areas are more pronounced than for the soil macrofauna. It was concluded that the observance of the technological process of laying the pipe and further soil remediation can significantly offset the negative consequences for soil biota.

Keywords: soil macrofauna; herpetobionts; ground beetles; earthworms; wireworms.

Информация об авторах

Вавилов Дмитрий Николаевич, младший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: sabantsev.ipen@gmail.com.

Гордиенко Татьяна Александровна, научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: t.a.korch@rambler.ru.

Суходольская Раиса Анатольевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: ra5suh@rambler.ru.

Лукьянова Юлия Александровна, заместитель директора по науке, Национальный парк «Нижняя Кама», 423603, Россия, Республика Татарстан, Елабужский район, Танаевский лес, квартал 109, E-mail: julia-luk@inbox.ru.

Information about the authors

Dmitriy N. Vavilov, Junior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurская st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: sabantsev.ipen@gmail.com.

Tatyana A. Gordienko, Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurская st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: t.a.korch@rambler.ru.

Raisa A. Sukhodolskaya, Ph.D. in Biology, Senior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurская st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: ra5suh@rambler.ru.

Julia A. Lukyanova, Deputy Director for Science, The National Park «Nizhnyaya Кама», Tanaevsky Forest, Quarter, 109, The Republic of Tatarstan, Yelabuga District, 423603, Russia, E-mail: julia-luk@inbox.ru.